

CHAPITRE 04

LA NUTRITION BACTERIENNE



- **Les bactéries se nourrissent :**

- ✓ **De substances organiques simples (AA, glucides, acides gras, vitamines, hydrocarbures, ect.) et**
- ✓ **De certaines substances inorganiques (phosphates, soufre, nitrates, ect.).**

- **Plusieurs types de bactéries sécrètent des enzymes digestives qui leur permettent d'absorber certains constituants alimentaires plus ou moins complexes.**

Besoins nutritifs des bactéries

- ✓ **Les bactéries se nourrissent à partir des composés ou substrats présents dans les milieux de culture et dans des conditions physico-chimiques bien précises**
- ✓ **Les besoins nutritifs des bactéries sont de deux types:**



1. Besoins élémentaires

(Besoins communs à toutes les bactéries)



- ✓ Eau,
- ✓ Une source d'énergie,
- ✓ Une source de carbone,
- ✓ Une source d'azote et éléments minéraux .

2. Besoins spécifiques

(Besoins essentiels pour certains types de bactéries)

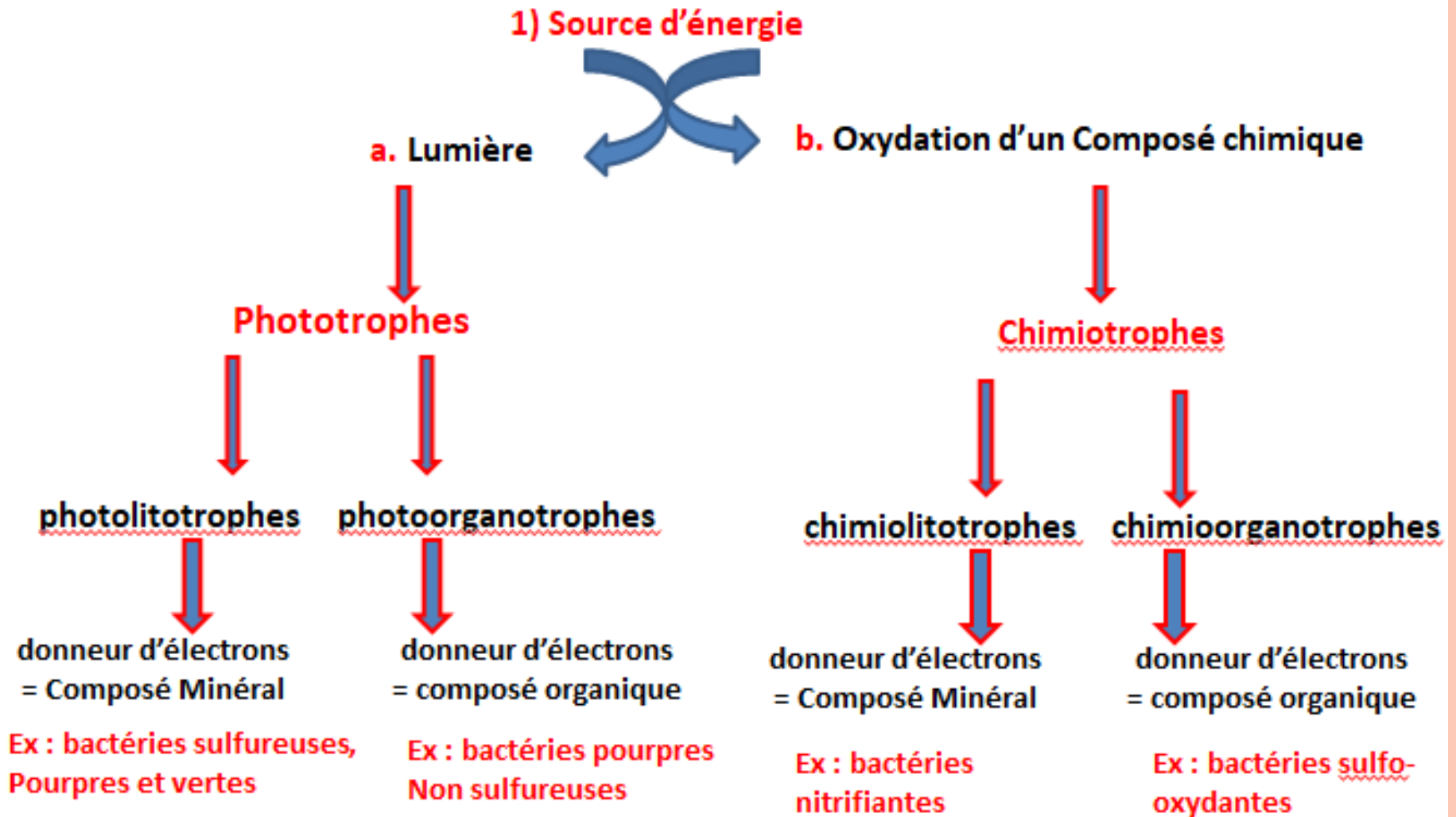


Facteurs de croissance



I. Besoins élémentaires

Selon la nature des besoins nutritifs, on définit différentes catégories de bactéries : ce sont **les types trophiques**



2) Source de carbone

Le carbone est l'élément constitutif le plus abondant chez les bactéries.

Selon la source de carbone on distingue :



Autotrophes

hétérotrophes

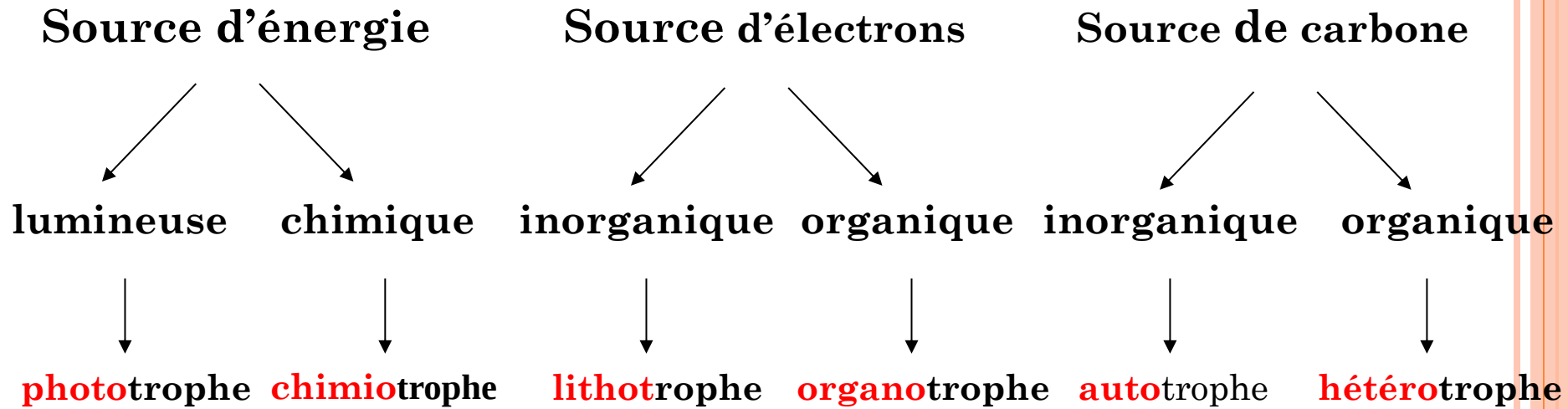


Se développent en milieu **inorganique**
CO₂ = seule source de carbone



Exigent des **composés organiques**
Pour croître et se reproduire

Diversité de types trophiques



NB: AUTO=LITHO et HETERO=ORGANO

Donc on peut tirer quatre grandes catégories selon le type trophique des bactéries:

1. Photolithotrophe
2. Photoorganotrophe
3. Chimiolithotrophe
4. Chimioorganotrophe



Les phototrophes ou photosynthétiques utilisent la lumière comme source d'énergie.

En fonction de la source d'électrons, on distingue :

- **Les bactéries photolithotrophes**: utilisent la lumière comme source d'énergie et un composé minéral comme donneur d'électrons (H_2O , H_2S). Ces bactéries se développent dans un milieu purement minéral.

Ex. Bactéries sulfureuses pourpres (Thiorhodaceae) ou vertes (Chlorobacteriaceae).

- **les bactéries photoorganotrophes**
Source d'électrons sont des composés organiques.

Ex. Bactéries pourpres non sulfureuses (Athiorhodaceae)



Les chimiotrophes ou chiomiosynthétiques utilisent l'énergie de l'oxydation de produits chimiques organiques ou minéraux. Il existe deux sous classes

- **Les bactéries chimiolithotrophes** : utilisent l'énergie chimique par oxydation d'un composé minéral (H_2 , H_2S , S , NO_2 , $CO...$).

Ex. Bactéries oxydant l'hydrogène : *Hydrogenomonas*

Bactéries oxydant l'ammoniaque : *Nitrosomonas*

Bactéries oxydant les nitrates : *Nitrobacter*

- **Les bactéries chimioorganotrophes** : donneur d'électrons est organique.

Ex. Bactéries sulfo-oxydantes.

La grande majorité des bactéries appartient à ce groupe :

Bactéries pathogènes, bactéries de contamination alimentaire, bactéries utilisées dans l'industrie pour leur synthèse d'antibiotiques, de vitamines, d'acides aminés....

REMARQUE

Il existe aussi les **paratrophes** :
ce sont les bactéries
intracellulaires (Rickettsies et
Chlamydies) qui tirent leur
énergie de leur parasitisme
obligatoire.



3) Source d'azote

- L'azote est nécessaire pour la synthèse des protéines, il constitue environ 10% du poids sec de la cellule
- La source d'azote peut être :

Minéral: NH_4^+ et NO_3^- utilisé par la plus part des bactéries

NO_2 utilisé par les bactéries du genre Nitrobacter

N_2 utilisé par les bactéries fixatrices d'azote comme

Azotobacter et Rhizobium

Organique : groupements amines (R-NH_2) des composés organiques (acides aminés et protéines)



4) Source des éléments minéraux dont les plus importants:

☛ Le soufre et le phosphore

Le soufre se retrouve dans les protéines, précisément au niveau des groupements thiols (-SH) des AA soufrés (cystine et cystéine).

Il est incorporé sous forme de sulfates ou sous forme organique.

Le phosphore, incorporé sous la forme de phosphate inorganique, fait partie des acides nucléiques, de certains coenzymes et de l'ATP.

☛ Autres éléments minéraux

Macro-éléments:

Na, K, Mg, Cl: rôle dans l'équilibre physicochimique

Fe: pour les Cytochromes Mg: pour la Chlorophylle

Micro-éléments:

Co, Cu, Mo, Mn et autres: Cofacteurs ou activateurs d'enzymes.

Eléments Chimiques

Exemples d'utilisation

- Carbone**
- Constituant de toute molécule organique
 - Synthèse des glucides pour les autotrophes
 - Métabolisme énergétique (respiration ou fermentation) pour les hétérotrophes

- Hydrogène**
- Constituant de toute molécule organique
 - Agent de diverses réactions de réduction

- Oxygène**
- Produit terminal des réactions photosynthétiques pour les autotrophes
 - Accepteur d'électrons des réactions du métabolisme énergétique chez les hétérotrophes aérobies

- Phosphore**
- Synthèse des acides nucléiques
 - Cofacteur des transporteurs d'hydrogène
 - Composés énergétiques de transfert (ATP)

- Azote**
- Synthèse des acides nucléiques
 - Synthèse des protéines
 - Oxydé sous forme de nitrates au cours de la nitrification avant d'être assimilable

- Soufre**
- Source d'énergie SH_2 pour quelques chimiotrophes
 - Accepteur d'électrons dans les chaînes respiratoires anaérobies
 - Biosynthèse des acides aminés soufrés

- Magnésium**
- Métabolisme de l'ATP
 - Élément capital de la molécule de chlorophylle

- Fer**
- Transporteur d'électrons dans les cytochromes de la chaîne respiratoire aérobie

- Calcium**
- Associé à l'acide dipicolinique, constituant majeur de l'enveloppe des endospores

II. Besoins spécifiques = facteurs de croissance

- ✓ les bactéries capables de croître en présence d'eau, d'une source d'énergie, d'une source de carbone, d'une source d'azote et d'éléments minéraux sont qualifiées de **prototrophes**.
 - ✓ Les bactéries prototrophes peuvent croître sur un milieu de culture dit de **minimum**
 - ✓ Le milieu minimum est composé de l'eau, source d'énergie, source de carbone, source d'azote et éléments minéraux
 - ✓ Les bactéries nécessitant en plus, un ou plusieurs facteurs de croissance qu'elles sont incapables de synthétiser sont dites **auxotrophes**
 - ✓ **Un facteur de croissance** est un élément indispensable à la croissance de la bactérie (**auxotrophe pour ce facteur**). Il doit être présent dans l'environnement car la bactérie est incapable de le synthétiser.
 - ✓ Si une bactérie a besoin d'un facteur de croissance, ce dernier doit être introduit **dans le milieu de culture**
- 

Nature des facteurs de croissance

- ✓ des bases puriques ou pyrimidiques,
- ✓ des acides gras,
- ✓ des acides aminés,
- ✓ des vitamines (coenzymes, précurseurs de coenzymes, groupements prosthétiques de diverses enzymes)

Propriétés des facteurs de croissance

- ✓ Action à très faible concentration:

25mg/l dans le cas des acides aminés

10mg/l pour les bases azotées

1 à 24µg/l pour les vitamines

- ✓ Spécificité stricte

Un simple changement de position d'un groupement ôte son rôle au facteur de croissance



Phénomène de Syntrophie

Quelques fois les besoins en facteur de croissance d'une espèce bactérienne peuvent être satisfaits par la présence dans le milieu d'une autre espèce capable de synthétiser ce facteur : c'est le phénomène de Syntrophie

Ex. la culture sur la même boîte de :

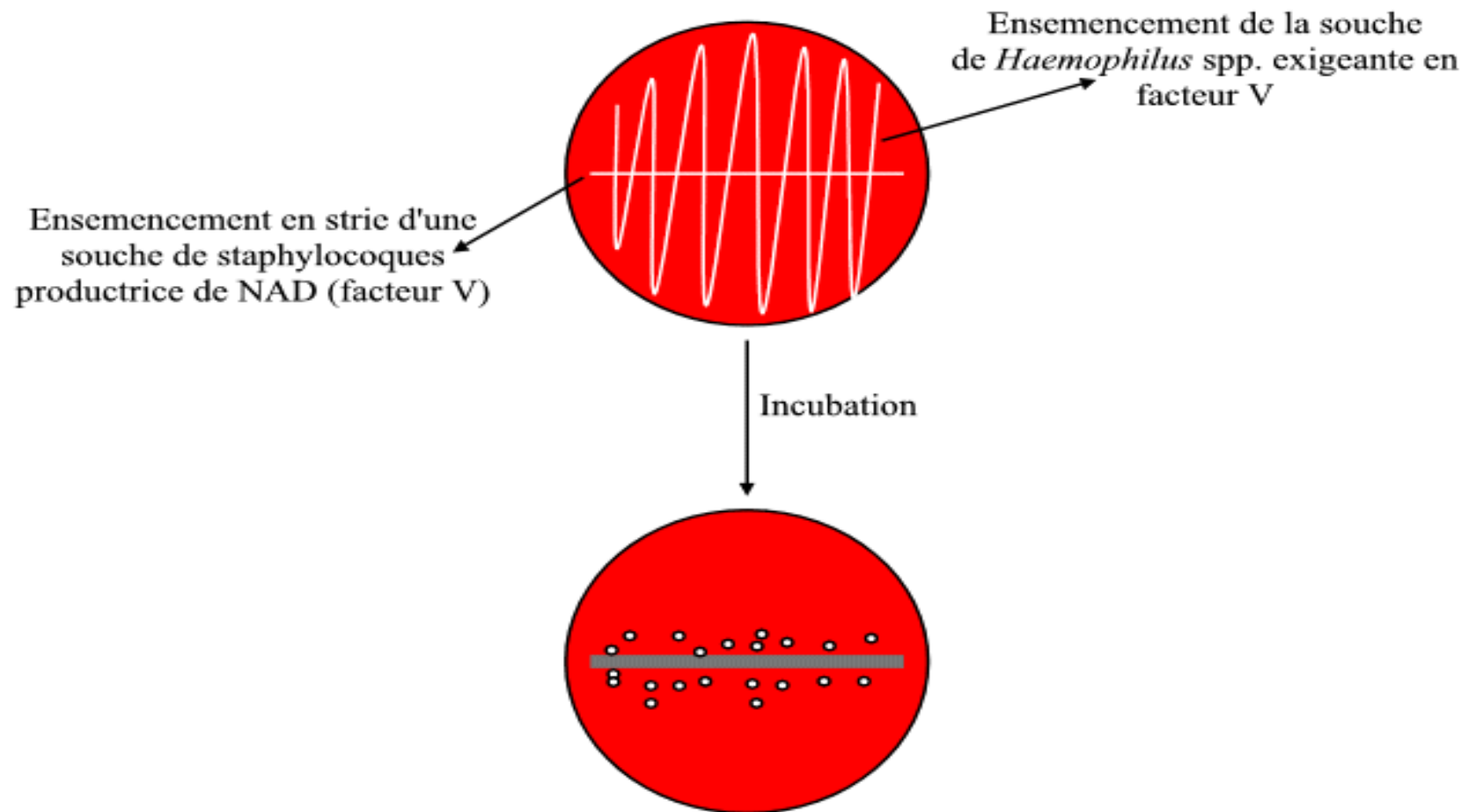
Haemophilus spp. = bactérie auxotrophe au facteur V (NAD)

Staphylocoque = bactérie productrice de NAD

Donne une culture en satellite de *Haemophilus spp.*



Croissance d'une souche de *Haemophilus* spp. exigeante en facteur V



Après incubation, la culture de la souche de *Haemophilus* spp. n'est observée qu'à proximité de la culture de la souche de staphylocoques

III- Les facteurs physicochimiques

Les nutriments constitutifs ou énergétiques nécessaire à un microorganisme pour son développement doivent lui être apportés dans certaines conditions d'environnement. Certains facteurs interviennent au cours de la nutrition, ils peuvent l'empêcher, l'inhiber ou la favoriser.



1. Température

Les bactéries peuvent être classées selon leur température optimale de croissance.

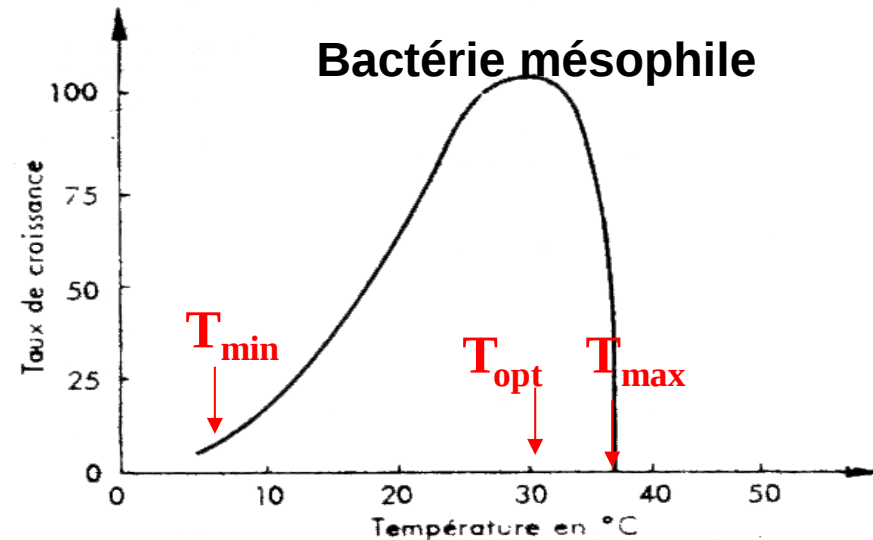
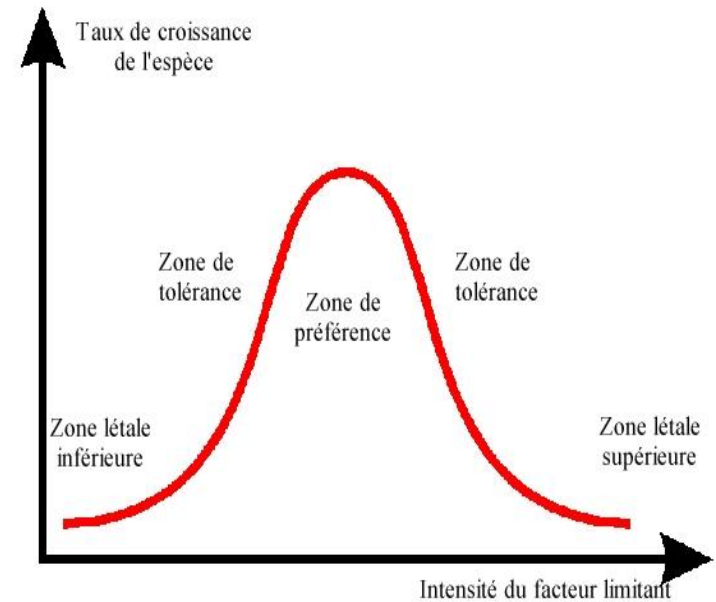
- **Bactéries mésophiles** (Ex. *Escherichia coli*) : T° de croissance proche de celle du corps humain (37°C).

- **Bactéries thermophiles** (Ex. *Thermus aquaticus*) : T° de croissance comprises entre 45°C et 70°C .

- **Bactéries hyperthermophiles** (Ex. *Archaea*) : T° de croissance supérieures à 80°C

- **Bactéries psychrophiles**: T° proches de 0°C (optimum à 10-15°C).

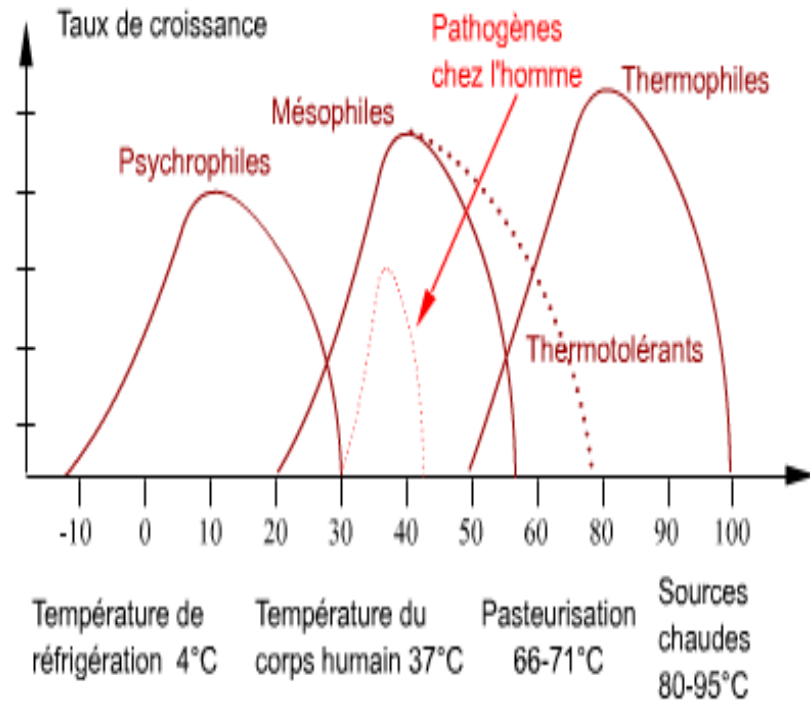
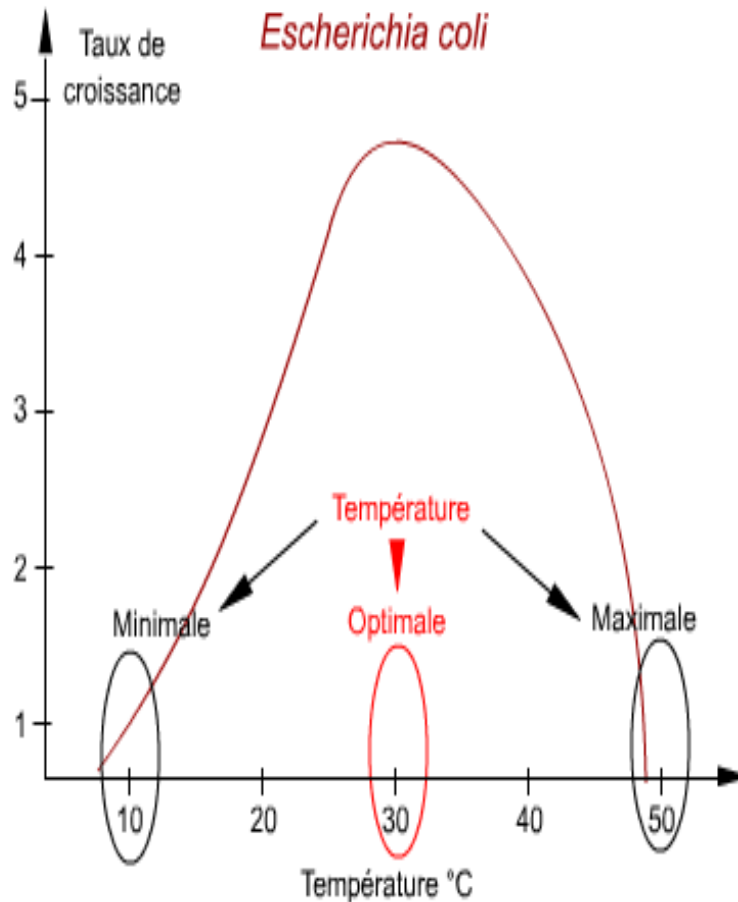
- **Bactéries psychrotrophes** (Ex. *Pseudomonas*): T° de croissance proches de 0°C avec optimum de croissance proche des bactéries mésophiles.



Exemple : Température optimale de la croissance

Notion de température optimale
de culture des bactéries

Escherichia coli

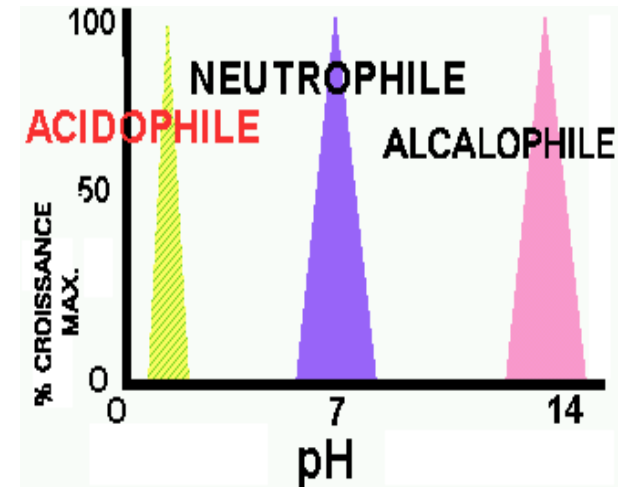
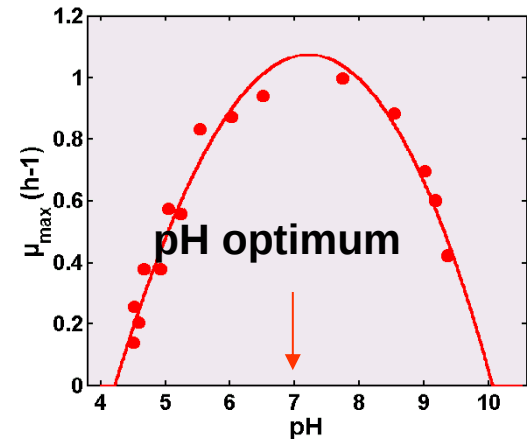


2. Le pH

Les bactéries pathogènes ou liées à l'écosystème humain se développent le plus souvent dans des milieux neutres ou légèrement alcalins

On distingue les bactéries:

- **Neutrophiles** : qui se développent pour des pH sont compris entre 5,5 et 8,5 avec un optimum voisin de 7. La plupart des bactéries médicalement importantes sont ainsi.
Ex. isolement d'une souche de *E.coli* sur un milieu usuel
- **Alcalophiles (basophiles)** : qui préfèrent les pH alcalins: cas de *Pseudomonas* et *Vibrio*, donc milieux de culture particuliers
- **Acidophiles**: qui se multiplient mieux dans des milieux acides : cas des *Lactobacillus*.



3. Les exigences gazeuses

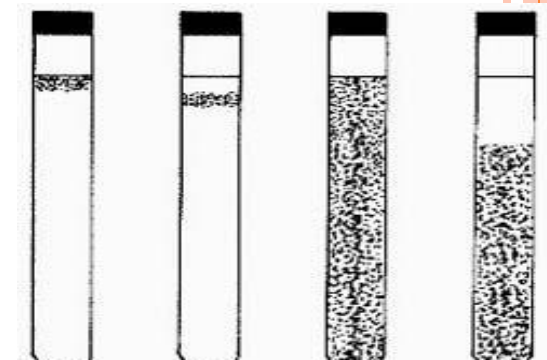
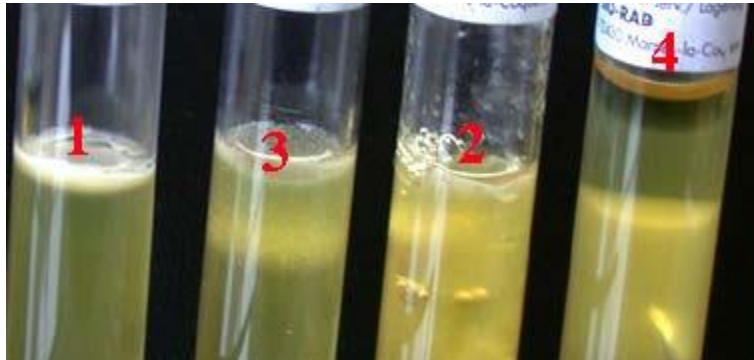
Selon leur comportement vis-à-vis de l'oxygène, les bactéries sont classées en quatre groupes

1 - Les bactéries aérobies strictes ne se développent qu'en présence d'air. Leur source principale d'énergie est la respiration. L'oxygène moléculaire, ultime accepteur d'électron, est réduit en eau (*Pseudomonas, Acinetobacter, Neisseria*).

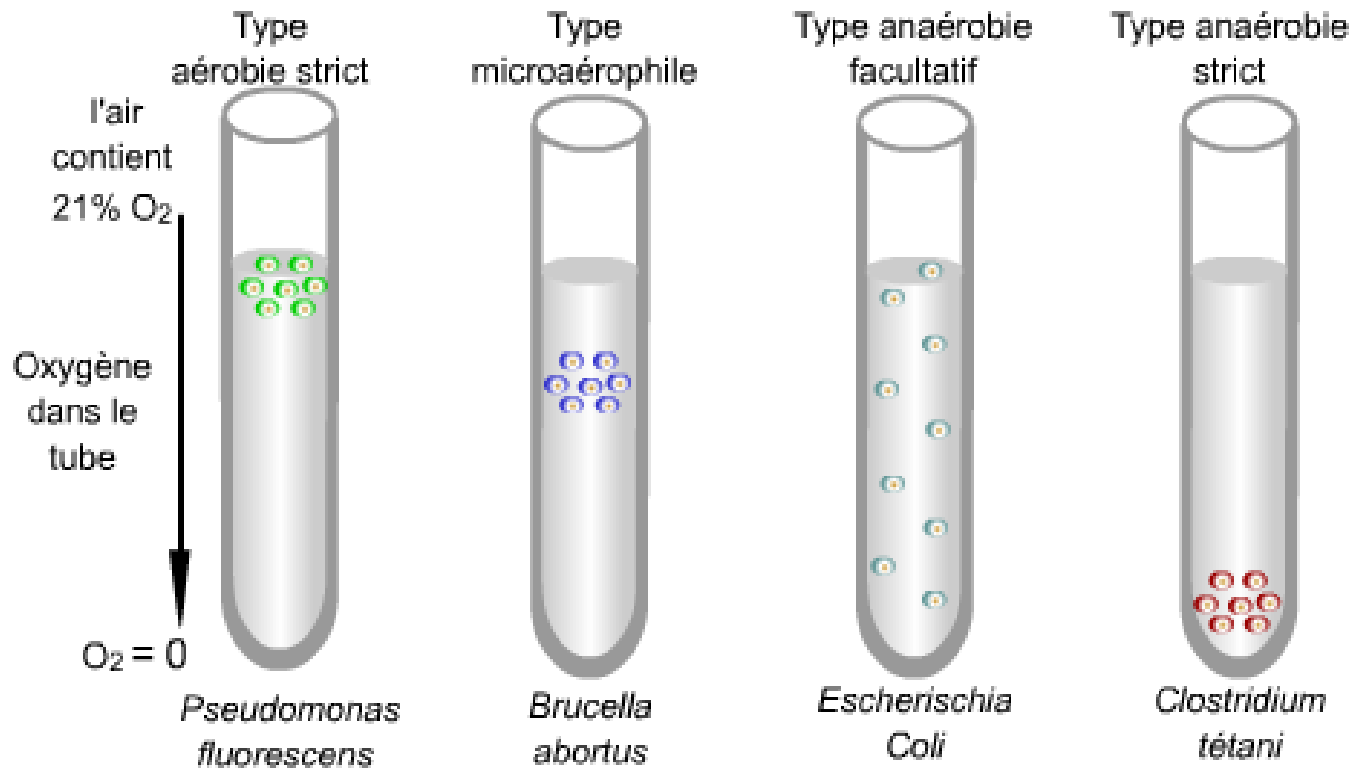
2 - Les bactéries microaérophiles se développent mieux ou exclusivement lorsque la pression partielle d'oxygène est inférieure à celle de l'air (*Campylobacter, Mycobacteriaceae*).

3- Les bactéries aéro-anaérobies facultatives se développent avec ou sans air. C'est le cas de la majorité des bactéries rencontrées en pathologie médicale : les entérobactéries (*Escherichia, Salmonella*), les streptocoques, les staphylocoques. L'énergie provient de l'oxydation des substrats et de la voie fermentaire.

4 - Les bactéries anaérobies strictes ne se développent qu'en absence totale ou presque d'oxygène qui est le plus souvent toxique. Ces bactéries doivent se cultiver sous atmosphère réductrice. La totalité de l'énergie est produite par fermentation. C'est le cas des bactéries intestinale (*Bacteroides, Fusobacterium, Clostridium*)



Types de bactéries en fonction de la disponibilité en oxygène



Le milieu de culture dans les tubes contient du thioglycollate(le thioglycollate complexe l'oxygène et le rend inutilisable par les bactéries).

Le milieu dans le haut du tube contient une petite quantité d'oxygène qui provient de la diffusion de l'air. Le fond du tube ne contient pas d'oxygène.

Les bactéries aérobies se développent en haut du tube. Les bactéries anaérobies strictes sont au fond du tube.

4. La pression osmotique

Les bactéries sont assez tolérantes aux variations des concentrations ioniques. Certaines espèces sont osmotolérantes (*staphylocoques*, *Vibrio cholerae*). La bactérie accumule dans le cytoplasme une concentration élevée en substrats



$PO_{int} > PO_{ext}$

Si forte augmentation de l'osmolarité du milieu extracellulaire :



Risque d'efflux d'eau

La bactérie doit donc ajuster sa pression interne à une valeur supérieure à celle du milieu externe, c'est l'**osmorégulation**: accumulation de K^+ , acides aminés, sucres

Lorsque la pression du milieu intérieur est égale à la pression du milieu externe, on dit que le milieu est **isotonique**, lorsque elle est supérieure on parle du milieu **hypotonique**, lorsque elle est inférieure on parle du milieu **hypertonique**



Selon ce pouvoir d'osmorégulation, on distingue quatre groupes de bactéries

Groupe	Exemple	[NaCl] tolérée
Non Halophiles	<i>E. coli</i>	0 à 4 %
Halophiles	<i>Pseudomonas marina</i>	0,2 à 5 %
Halophiles modérés	<i>Pediococcus halophilus</i>	2,3 à 20,5 %
Halophiles extrêmes	<i>Halobacterium</i>	5 à 36 %



5 Humidité (activité de l'eau ou aw)

- ✓ L'activité de l'eau (aw) est inversement proportionnelle à la pression osmotique d'un composé.
- ✓ Elle est affectée par la présence plus ou moins importante de sels ou de sucres dissous dans l'eau.

- Présence de sels : Les bactéries **halophiles** nécessitent du sel (NaCl) pour leur croissance. Cette concentration peut varier de 1-6% pour les faiblement halophiles jusqu'à 15-30% pour les bactéries halophiles extrêmes (*Halobacterium*).

- Les bactéries **halotolérantes** acceptent des concentrations modérées de sels mais non obligatoires pour leur croissance (Ex. *Staphylococcus aureus*).

-Présence de sucres : Les bactéries **osmophiles** nécessitent des sucres pour leur croissance. Celles osmotolérantes acceptent des concentrations modérées de sucres mais non obligatoires pour leur croissance.

-Enfin les bactéries **xérophiles** peuvent se multiplier en l'absence d'eau dans leur environnement.